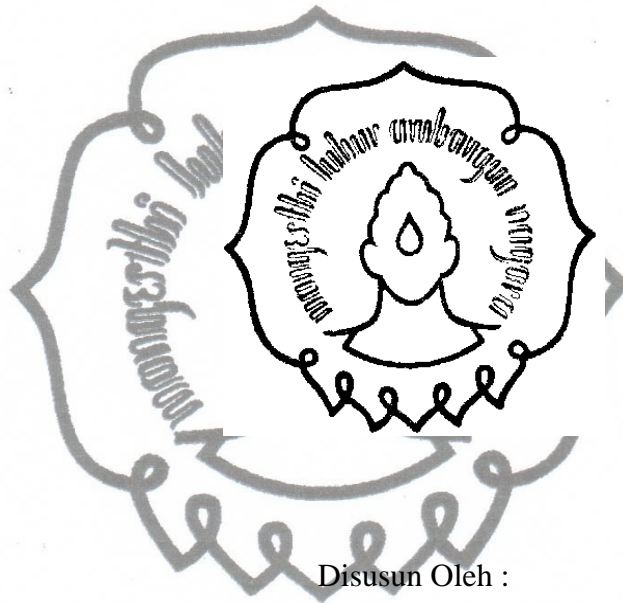


**SIMULASI PENGARUH *PACKING FRACTION* BOLA PENYERAP
TERHADAP NILAI *SHUTDOWN MARGIN* (SDM) HTR-10
MENGUNAKAN *CODE MVP***



Disusun Oleh :

NUR JAKIYAH

M0213067

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian
Persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Sains**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
Februari, 2018**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul : Simulasi Pengaruh *Packing Fraction* Bola Penyerap terhadap Nilai *Shutdown Margin* (SDM) HTR-10 menggunakan *Code MVP*

Yang ditulis oleh :
Nama : Nur Jakiyah
NIM : M0213067
Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh dewan penguji pada :
Hari : Kamis
Tanggal : 01 Februari 2018

Dewan Penguji :

1. Ketua Penguji
Drs. Suharyana, M.Sc.
NIP. 19680226 199402 2 001
2. Sekretaris Penguji
Dr. Utari, M.Si
NIP. 19701206 200003 2 001
3. Anggota Penguji 1
Dra. Riyatun, M.Si.
NIP. 19680226 199402 2 001
4. Anggota Penguji 2
Dr. Azizul Khakim, S.T., M.Eng.
NIP. 19711224 199912 1 001



Disahkan pada tanggal 15-03-2018

Oleh

Kepala Program Studi Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Sebelas Maret

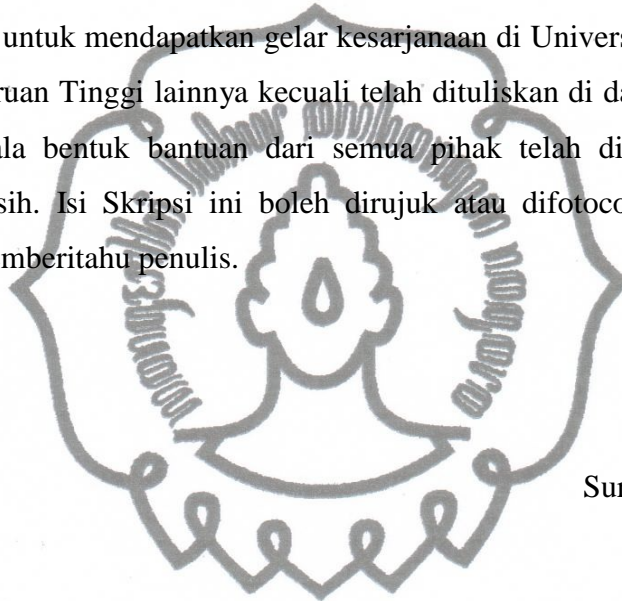


Dr. Fahru Nurosyid, S.Si., M.Si.

NIP. 19721013 200003 1 002

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual Skripsi saya yang berjudul “Simulasi Pengaruh *Packing Fraction* Bola Penyerap terhadap Nilai *Shutdown Margin* (SDM) HTR-10 menggunakan *Code MVP*” adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya hingga saat ini isi Skripsi saya tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau materi yang telah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret atau di Perguruan Tinggi lainnya kecuali telah dituliskan di daftar pustaka Skripsi ini dan segala bentuk bantuan dari semua pihak telah ditulis di bagian ucapan terimakasih. Isi Skripsi ini boleh dirujuk atau difotocopy secara bebas tanpa harus memberitahu penulis.



Surakarta, 25 Januari 2017

Nur Jakiyah

MOTTO

Kita tidak bisa besar tanpa penderitaan, belajar tanpa kesalahan, berhasil tanpa kegagalan dan mencintai tanpa kehilangan

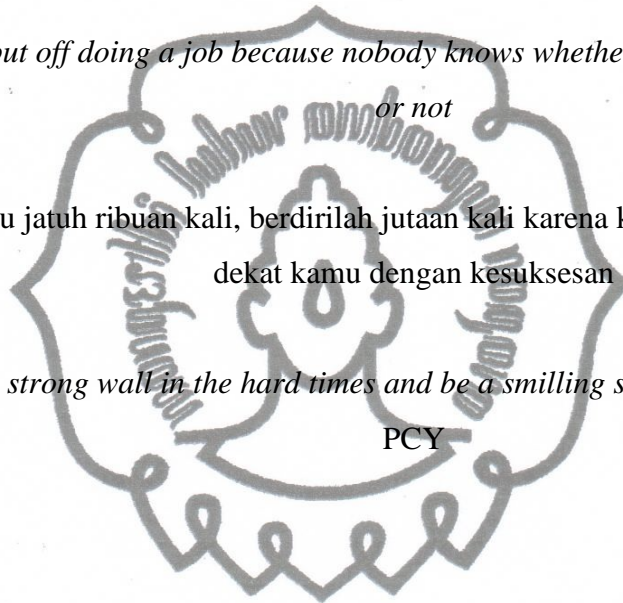
Ust. Muhammad Al Habsyi

*Do not put off doing a job because nobody knows whether we can meet tomorrow
or not*

Jika kamu jatuh ribuan kali, berdirilah jutaan kali karena kamu tidak tahu seberapa dekat kamu dengan kesuksesan

Be a strong wall in the hard times and be a smiling sun in the good times

PCY



HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, Karya ini saya persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua, kakak, adik dan segenap keluarga besar saya yang telah memberikan kasih sayang, dukungan moril dan materil dalam kelancaran kuliah maupun dalam menyelesaikan skripsi
2. Ibu Dra. Riyatun M.Si selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah bersedia membimbing saya dengan baik selama pengerjaan skripsi saya
3. Bapak Dr. Azizul Khakim S.T., M.Eng dari BAPETEN selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah bersedia membimbing saya dengan baik selama pengerjaan skripsi saya.
4. Bapak Drs. Suharyana M.Sc, teman-teman Grup Riset Nuklir dan Radiasi yang telah bersedia berbagi ilmu, pengalaman, serta teknisi Aziz yang berulang kali membantu instalasi windows dan merakit PC.
5. Pembimbing akademik bapak Dr. Eng Budi Purnama S.Si, M.Si yang memberikan arahan sekaligus sebagai orang tua selama kuliah
6. Elma dan Saiva sebagai sahabat seperjuangan, berbagi kebersamaan dan canda tawa dalam menyelesaikan skripsi.
7. Kakak saya Bening Dewi R dan sahabat saya Uswatun, Rizki ari, Nandani, dan Ajeng yang selalu mendengarkan keluh kesah, memberikan motivasi dan berbagi canda tawa.
8. Teman-teman fisika UNS, khususnya keluarga saya Entitas Mahasiswa Fisika 2013

Simulasi Pengaruh *Packing Fraction* Bola Penyerap terhadap Nilai *Shutdown Margin* (SDM) HTR-10 menggunakan Software MVP

NUR JAKIYAH

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Sebelas Maret

ABSTRAK

Simulasi reaktor HTR-10 telah dilakukan menggunakan kode MVP. Bahan bakar HTR-10 berupa UO_2 berlapis TRISO dengan pengayaan 17%. HTR-10 memiliki dua sistem *shutdown* yang salah satunya yaitu bola penyerap. Simulasi ini dilakukan untuk melihat kecenderungan perubahan nilai *shutdown margin* (SDM) pada berbagai variasi *packing fraction* (pf). Nilai pf divariasi dari 0,55 sampai 0,95 pada posisi *fully up*, *fully down* dan *one absorber channel failure* (OACF). Hasil variasi tersebut berupa nilai k_{eff} yang akan digunakan untuk menghitung reaktivitas dan nilai SDM. Hasil simulasi menunjukkan semakin besar nilai *packing fraction* maka nilai SDM semakin besar. Status keamanan HTR-10 ditinjau dari nilai SDM dapat dikatakan selamat jika lebih besar dari 0,7 \$.

Kata Kunci : Bola Penyerap, HTR-10, *Shutdown Margin*, MVP

Simulation of Packing Fraction Small Absorber Ball Impact to Shutdown Margin Value HTR-10 with MVP Code

NUR JAKIYAH

Physics Departement, Faculty Mathematics and Natural Sciences

Sebelas Maret University

ABSTRACT

Simulation of reactor HTR-10 has been performed using MVP code. HTR-10 fuel is UO_2 which was coated by TRISO and it is placed in a pebble. Enrichment of HTR-10's fuel is 17 %. HTR-10 has two shutdown systems one of which is an absorber ball. This simulation is purposed to find the trend of difference shutdown margin (SDM) value for effect packing fraction (pf) number. Packing fraction number has been variated from 0,55 until 0,95 on position fully up, fully down and one absorber channel failure (OACF). The Results of that variation is decreases of k_{eff} value and the can be calculated of reactivity and SDM value. The simulation result show that SDM value increase due to increasing packing fraction number. The safety status of HTR-10 in terms of SDM value was safety if more than 0,7\$.

Keyword : absorber ball, HTR-10, Shutdown Margin, MVP

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Skripsi yang penulis susun sebagai bagian dari syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains ini penulis beri judul “Simulasi Pengaruh *Packing Fraction* Bola Penyerap terhadap Nilai *Shutdown Margin* (SDM) HTR-10 menggunakan Code MVP”. Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini adalah suatu kebanggaan tersendiri bagi penulis setelah sekitar satu semester penulis berjuang untuk menyelesaikan skripsi ini tepat waktu. Segala suka duka dan perjuangan yang dialami, pada akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Dra. Riyatun M.Si selaku pembimbing I yang senantiasa membimbing hingga skripsi ini dapat selesai.
2. Dr. Azizul Khakim, S.T., M.Eng. selaku pembimbing II yang senantiasa membimbing hingga skripsi ini dapat selesai.
3. Kedua orang tua dan keluarga besar, atas doa dan segala bantuannya sejak penulis menjadi mahasiswa hingga akhirnya bisa menyelesaikan skripsi ini.
4. Teman-teman grup riset Fisika Nuklir dan Radiasi yang senantiasa bertukar ilmu.

Semoga Tuhan membalas jerih payah dan pengorbanan yang telah diberikan dengan balasan yang lebih baik. Penulis menyadari akan banyaknya kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Namun demikian, penulis berharap semoga karya kecil ini bermanfaat.

Surakarta, 25 Januari 2017

Nur Jakiyah

HALAMAN PUBLIKASI

Sebagian skripsi saya yang berjudul “Simulasi Pengaruh *Packing Fraction* Bola Penyerap terhadap Nilai *Shutdown Margin* (SDM) HTR-10 menggunakan Code MVP” telah disubmit pada repository Perpustakaan Universitas Sebelas Maret pada 16 Maret 2018



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN ABSTRAK	vi
HALAMAN ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
HALAMAN PUBLIKASI	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Batasan Masalah	4
1.3. Rumusan Masalah	5
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Manfaat penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Interaksi Neutron dengan Materi	6
2.1.1. Reaksi Fisi	7
2.1.2. Reaksi Fisi Berantai.....	7
2.2. Reaktor	8
2.2.1. Batang Kendali	9
2.2.2. Moderator dan Reflektor	9
2.3. Generasi Reaktor	10
2.4. Siklus Hidup Neutron	11
2.5. Faktor Multiplikasi Efektif (k_{eff})	15
2.6. Reaktivitas	16
2.7. <i>Shutdown Margin</i>	18
2.8. HTR-10	19
2.8.1. Bahan Bakar	22
2.8.2. Batang Kendali	23
2.8.3. Bola Penyerap	24

2.8.4. Moderator, Reflektor dan pendingin	26
2.9. Status Terkini Reaktor Daya Eksperimental	27
2.10. Metode Monte Carlo	28
2.11. Code MVP	28
BAB III METODE PENELITIAN	30
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	30
3.2. Alat dan Bahan	30
3.3. Prosedur Penelitian	30
3.3.1. Tahap Persiapan.....	31
3.3.2. Pembuatan Geometri HTR-10.....	33
3.3.3. <i>Benchmarking Model HTR</i>	35
3.3.4. Variasi Inputan	35
3.3.5. <i>Running Program</i>	36
3.4. Teknik Analisis Data	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1. Model HTR-10	37
4.2. <i>Benchmarking Model HTR-10</i>	38
4.3. Variasi Geometri Bola Penyerap	39
4.4. Reaktivitas	46
4.5. <i>Shutdown Margin (SDM)</i>	47
4.5.1. Nilai SDM Kondisi <i>Fully Up</i> dan <i>Fully Down</i>	48
4.5.2. Nilai SDM Kondisi <i>One Absorber Channel Failure</i> (OACF)	49
BAB V PENUTUP	51
5.1. Kesimpulan	51
5.2. Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Parameter desain utama HTR-10	20
Tabel 2.2. Karakteristik bahan bakar <i>pebble</i> HTR-10	22
Tabel 2.3. Perbandingan data utama dari sistem bola penyerap kecil	25
Tabel 4.1. Perbandingan nilai k_{eff}	38
Tabel 4.2. Nilai k_{eff} posisi <i>fully down</i> pada variasi <i>packing fraction</i> ...	41
Tabel 4.3. Hasil perhitungan ρ_{total} dan ρ_{excess} pada variasi <i>packing fraction</i>	46
Tabel 4.4. Reaktivitas bola penyerap pada posisi OACF <i>pf</i> 0,85	47
Tabel 4.5. Nilai SDM pada variasi <i>packing fraction</i>	48
Tabel 4.6. Nilai SDM setiap saluran bola penyerap pada <i>packing fraction</i> 0,85	49
Tabel 4.7. Nilai SDM OACF pada variasi <i>packing fraction</i>	50
Tabel I.1. Perhitungan densitas tiap bagian TRISO	56
Tabel I.2. Perhitungan fraksi mol bahan bakar	56
Tabel I.3. Perhitungan masing-masing massa unsur bahan bakar	57
Tabel I.4 <i>Packing Fraction</i> bola penyerap	58
Tabel L.1. Nilai reaktivitas OACF pada <i>pf</i> 0,55	70
Tabel L.2. Nilai reaktivitas OACF pada <i>pf</i> 0,65	70
Tabel L.3. Nilai reaktivitas OACF pada <i>pf</i> 0,75	70
Tabel L.4. Nilai reaktivitas OACF pada <i>pf</i> 0,95	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Reaksi Fisi Berantai	8
Gambar 2.2. Siklus hidup neutron	15
Gambar 2.3 Tampang lintang vertikal sistem utama HTR-10	21
Gambar 2.4. Skematik bahan bakar <i>pebble</i> HTR-10	23
Gambar 2.5. Tampang lintang teras reaktor HTR-10	26
Gambar 3.1 <i>Flow chart</i> penelitian	32
Gambar 3.2. Penampang dari HTR-10	33
Gambar 3.3. tampang horizontal HTR-10	34
Gambar 4.1. Kenampakan Geometri HTR-10 (a) sumbu XZ dan (b) Sumbu XY	38
Gambar 4.2. Geometri bola penyerap HTR-10 pada kondisi <i>fully up</i> (a) bidang XY (b) bidang XZ	40
Gambar 4.3. Geometri bola penyerap HTR-10 pada kondisi <i>fully down</i> (a) bidang XY (b) perbesaran tampilan bola penyerap	41
Gambar 4.4. Geometri bola penyerap <i>one absorber channel failure</i> bidang XY pada posisi (a) ke-1 (b) ke-2 (c) ke-3 (d) ke-4 (e) ke-5 (f) ke-6 (g) ke-7	42-44
Gambar 4.5. Grafik hubungan nilai k_{eff} dengan bola penyerap posisi <i>one absorber channel failure</i> pf 0,85	45
Gambar L.1 <i>Script</i> pembuatan <i>Control Data</i>	59
Gambar L.2 <i>Script</i> pembuatan <i>Cross Section</i>	61
Gambar L.3 <i>Script</i> pembuatan Geometri	63
Gambar L.4 <i>Script Tally Region</i>	63
Gambar L.5 <i>Script</i> pendefinisian sumber	64
Gambar L.6 <i>Script</i> input CGVIEW	64
Gambar L.7 <i>Running</i> dengan <i>Total commander</i>	65
Gambar L.8 Format <i>output</i> k_{eff}	66

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
σ	Tampang lintang mikroskopik
Σ	Tampang lintang makroskopik
ε	Faktor fisi cepat
f	Faktor pemakaian neutron termal
p	Faktor kemampuan lolos resonansi
η	Faktor reproduksi
\mathcal{L}_f	Faktor ketidkebocoran neutron cepat
\mathcal{L}_t	Faktor ketidkebocoran neutron termal
k_{eff}	Faktor multiplikasi efektif
N	Jumlah neutron
N_o	Jumlah neutron pada generasi sebelumnya
N_{oa}	Neutron yang diserap
N_{ol}	Neutron yang bocor
pf	<i>Packing fraction</i>
ρ	Reaktivitas
ρ_{tot}	Reaktivitas total
ρ_{excess}	Reaktivitas lebih teras
ρ_{max}	Reaktivitas terbesar
SDM	<i>Shutdown Margin</i>
$SDM\ OACF$	<i>Shutdown margin at one absorber channel failure</i>